

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



525416

(43) Date de la publication internationale
25 mars 2004 (25.03.2004)

PCT

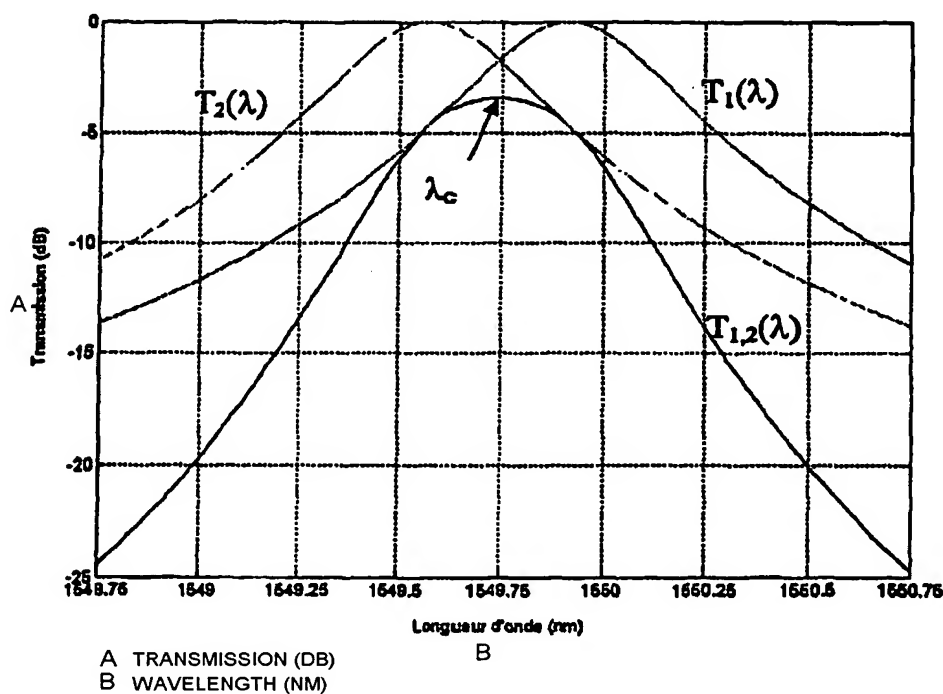
(10) Numéro de publication internationale
WO 2004/025336 A1

- (51) Classification internationale des brevets⁷ : G02B 5/28, 6/34, G01J 3/26
- (21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2003/002678
- (22) Date de dépôt international :
9 septembre 2003 (09.09.2003)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :
02/11393 13 septembre 2002 (13.09.2002) FR
- (71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : ATMEL
GRENOBLE S.A. [FR/FR]; Avenue de Rochepleine, B.P.
123, F-38521 Saint Egrève cedex (FR).
- (72) Inventeurs; et
(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : RAMEL,
Romain [FR/FR]; Thales Intellectual Property, 31-33,
avenue Aristide Briand, F-94117 Arcueil cedex (FR).
JARJAYES, Sylvie [FR/FR]; Thales Intellectual Property,
31-33, Avenue Aristide Briand, F-94117 Arcueil Cedex
(FR). GLUCK, Stéphane [FR/FR]; Thales Intellectual
Property, 31-33, Avenue Aristide Briand, F-94117 Arcueil
Cedex (FR).
- (74) Mandataires : COLLET, Alain etc.; Thales Intellectual
property, 31-33, avenue Aristide Briand, F-94117 Arcueil
cedex (FR).
- (81) États désignés (national) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ,
BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ,
DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: FLAT TOP OPTICAL FILTERING COMPONENT

(54) Titre : COMPOSANT DE FILTRAGE OPTIQUE EN CRENEAU



(57) Abstract: The invention concerns wavelength-selective optical filters, for allowing through light of a narrow optical spectral band, centered about a wavelength (λ_c), and reflecting the wavelengths outside said band. The invention is characterized in that the transfer function ($T_{1,2}(\lambda)$) of the component is defined by multiplying two transfer functions of wavelength-shifted Fabry-Perot filters.

[Suite sur la page suivante]

WO 2004/025336 A1



HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

- (84) États désignés (régional) : brevet ARIPO (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), brevet eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

- avec rapport de recherche internationale
- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

(57) **Abrégé :** L'invention concerne les filtres optiques sélectifs en longueur d'onde, permettant de laisser passer la lumière d'une bande spectrale optique étroite, centrée autour d'une longueur d'onde (λ_c), et de réfléchir les longueurs d'onde situées en dehors de cette bande. Selon l'invention, la fonction de transfert ($T_{1,2}(\lambda)$) du composant est définie par la multiplication de deux fonctions de transfert de filtres de type Fabry-Perot décalés spectralement.

Composant de filtrage optique en créneau

L'invention concerne les filtres optiques sélectifs en longueur d'onde, permettant de laisser passer la lumière d'une bande spectrale optique étroite, centrée autour d'une longueur d'onde, et de réfléchir les
5 longueurs d'onde situées en dehors de cette bande. On peut prévoir l'ajustement de la longueur d'onde centrale de la bande spectrale étroite par des moyens électriques.

Le mot lumière est entendu au sens large et inclut notamment des bandes spectrales dans l'infrarouge comme on le verra ci-après, une
10 application principale de l'invention étant le filtrage de lumière dans les différentes bandes de télécommunications par fibres optiques comprises entre 1,3 et 1,61 micromètres.

L'intérêt de ces bandes de 1,3 à 1,61 micromètres résulte de ce que les fibres optiques actuelles, en verre, utilisées dans les réseaux de
15 télécommunications, présentent une faible atténuation et que les signaux optiques peuvent donc être transmis sur de très grandes distances. Dans ce qui suit, on expliquera l'invention à propos de cette bande spectrale, étant entendu que l'invention est transposable à d'autres bandes si le besoin s'en fait sentir, en utilisant les matériaux adaptés à ces bandes différentes. Il est
20 également bien entendu que l'invention n'est pas limitée au domaine des télécommunications, elle peut être mise en œuvre dans tout domaine où une analyse spectrale est nécessaire, comme par exemple dans l'industrie pétrochimique (comme détecteur d'hydrocarbure) ou en biologie (dans l'analyse du sang).

25 Dans un réseau de télécommunications par fibre optique, on peut utiliser un câble de plusieurs fibres optiques pour réaliser plusieurs canaux de transmission différents ; on peut aussi effectuer un multiplexage temporel des informations pour atteindre le même but ; mais la tendance actuelle, pour un accroissement plus important de la capacité de débit d'informations du
30 réseau, est de transmettre simultanément sur la même fibre optique plusieurs longueurs d'onde lumineuses modulées indépendamment les unes des autres et définissant chacune un canal d'information. La norme ITU (International Télécommunications Union) 692 propose de définir des canaux adjacents de largeur de bande spectrale optique 100 GHz, centrés sur N

2

fréquences optiques normalisées adjacentes dont les valeurs sont 200 térahertz, 199,9 térahertz, 199,8 térahertz, etc., correspondant à N longueurs d'onde de 1,52 micromètres jusqu'à 1,61 micromètres. Sur un canal de cette largeur de bande on peut effectuer une modulation de lumière de 10 à 40 Giga bits par seconde sans trop de risque d'interférence avec les canaux de bandes spectrales immédiatement adjacentes (en utilisant des impulsions de modulation de forme gaussienne pour minimiser la bande passante occupée par cette modulation). Cette technique de multiplexage fréquentiel est appelée DWDM, de l'anglais "Dense Wavelength Division Multiplexing".

10 Dans un réseau de télécommunications, le problème est donc de pouvoir recueillir la lumière correspondant à un canal déterminé sans perturber la lumière des canaux voisins. Par exemple, à un nœud de transmission du réseau, affecté à l'émission et à la réception d'informations du canal i , il faut pouvoir recueillir la lumière à une fréquence centrale F_i (longueur d'onde λ_i) sans gêner la transmission de la lumière modulant les 15 fréquences centrales F_1 à F_N , alors que ces fréquences optiques sont très rapprochées les unes des autres.

Pour cela, on a besoin de réaliser des composants de filtrage optique très sélectifs en longueur d'onde lumineuse, capables de laisser 20 passer la fréquence optique centrale F_i et les fréquences situées dans une bande étroite inférieure à 50 GHz de part et d'autre de cette fréquence, et d'arrêter les autres bandes. A la sortie d'un tel filtre, on ne recueille que la lumière du canal i et on peut la démoduler pour recueillir l'information utile, ou l'envoyer dans une autre branche du réseau.

25 Plus précisément, pour être utilisable dans un réseau de télécommunication optique, un composant de filtrage doit respecter deux critères majeurs :

- une modulation maximum à l'intérieur d'un canal, modulation qui en pratique doit être au maximum de l'ordre de 0,5 dB ; la 30 modulation, bien connue dans la littérature anglo-saxonne sous l'appellation de « ripple » est l'écart maximum d'amplitude du signal en sortie du composant de filtrage sur l'étendue spectrale du canal considéré ;
- une isolation minimum entre deux canaux adjacents qui, en 35 pratique, doit être au moins de l'ordre de 20 dB. On définit

l'isolation comme l'écart mesuré entre l'amplitude minimale du signal en sortie du composant de filtrage à l'intérieur du canal considéré et l'amplitude maximale à l'intérieur d'un canal adjacent.

5 On a déjà proposé de réaliser des composants de filtrage fonctionnant sur le principe des interféromètres de Fabry-Perot, réalisés par dépôts de couches semi-conductrices séparées les unes des autres par des lames d'air d'épaisseurs calibrées en rapport avec la longueur d'onde λ_i à sélectionner. Un interféromètre comprend en pratique deux miroirs à
10 couches diélectriques superposées (miroirs de Bragg), à fort coefficient de réflexion, séparés par une lame transparente d'épaisseur optique $k.\lambda_i/2$ (épaisseur réelle $k.\lambda_i/2$ si la lame est une lame d'air) où k est un entier définissant l'ordre du filtre interférométrique. Les miroirs et l'espace les séparant sont appelés : cavité. Le phosphore d'indium (InP) est bien adapté
15 à ces réalisations en raison notamment de sa transparence pour les longueurs d'onde considérées, de son indice de réfraction très élevé, de la possibilité de faire croître des couches d'épaisseur bien contrôlée et de la possibilité d'utiliser la technique de micro-usinage sélectif entre couches d'InP et couches d'InGaAs.

20 Si les épaisseurs de couches et les intervalles entre couches sont très bien contrôlés, et si les matériaux ont un fort écart indice de réfraction, un tel filtre s'avère très sélectif avec peu de couches ou d'alternance InP / air.

Une telle réalisation est décrite dans l'article de A. Spisser et
25 autres, "Highly Selective 1.55 micrometer InP/airgap micromachined Fabry-Perot filter for optical communications" dans Electronics Letters, N°34(5), pages 453-454, 1998. D'autres réalisations ont été proposées, en silicium micro-usiné, et en alliages à base d'arséniure de gallium.

Une limitation intrinsèque apparaît lorsqu'on utilise un
30 interféromètre de Fabry-Perot simple comme composant de filtrage. Un tel composant ne permet pas d'obtenir à la fois, une modulation minimale à l'intérieur d'un canal et une isolation suffisante entre deux canaux adjacents, pour une utilisation dans un réseau de télécommunication optique utilisant un multiplexage de type DWDM. Cette limitation sera mieux comprise à l'aide de
35 la figure 1 où deux miroirs a et b, de réflectivité respective R_a et R_b ,

délimitent une cavité de Fabry-Perot. Les deux miroirs a et b sont maintenus écartés à une distance d l'un de l'autre. Un rayon lumineux pénètre le composant de filtrage avec une incidence θ . Pour simplifier le raisonnement, on considère que les miroirs a et b sont infinis. Dans le cas particulier d'une

5 cavité symétrique ($R_a=R_b=R$), les paramètres λ et θ représentant respectivement la longueur d'onde et l'angle d'incidence du rayonnement à l'intérieur de la cavité. La courbe de transmission $T(\lambda)$ en fonction de sa longueur d'onde λ est une fonction d'Airy et s'écrit :

$$10 \quad T_i(\lambda) = \frac{1}{1 + M \cdot \sin^2\left(\frac{2\pi \cdot n \cdot d \cos \theta}{\lambda}\right)} \quad (1)$$

où $M = \frac{4R}{(1-R)^2}$,

et où n est l'indice optique du milieu de la cavité.

15 Nous considérerons par la suite une cavité d'air afin de ne pas alourdir les notations. Il est bien entendu que l'invention n'est pas limitée à une cavité d'air et tout autre matériau optique d'indice n différent de 1 peut être utilisé.

Lorsque la condition de résonance est remplie c'est à dire pour

20 une longueur d'onde λ_p telle que $d \cdot \cos \theta = p \cdot \frac{\lambda_p}{2}$ (p étant un nombre entier représentant l'ordre d'interférence), la transmission est maximale et vaut 100%.

Dans le cas d'une cavité Fabry-Perot utilisée comme filtre, on peut conserver l'ordre fixe, ce qui permet d'obtenir une gamme d'accordabilité en

25 longueur d'onde bornée par l'intervalle qui sépare 2 pics de transmission consécutifs et que l'on appelle intervalle spectral libre (ISL). L'accordabilité est obtenue en modifiant la taille de la cavité d.

Pour illustrer les limitations d'une cavité de Fabry-Perot simple on choisit l'exemple numérique suivant :

- 30
- Longueur d'onde λ à incidence normale ($\theta = 0$) : $\lambda_0 = 1550$ nm
 - Ordre d'interférence $p = 4$
 - Taille de la cavité $d_0 = 2 \lambda_0 = 2 \times 1550$ nm

- $R = 99,6\%$

On cherche à obtenir un filtre pour les Télécommunications optiques avec des canaux espacés de 100GHz et un débit de 10Gb/s correspondant à une bande-passante de canal de 0.2nm (25 GHz) tel que
5 décrit dans le paragraphe précédent.

La forme de la réponse spectrale du filtre en incidence normale est représentée figure 2. Elle est centrée sur $\lambda_0 = 1550$ nm. De type Lorentzienne, elle est assez différente de la forme d'un filtre idéal qui permettrait de laisser passer toute la bande passante du signal et de couper
10 tout le reste. Dans ce cas, la modulation obtenue est d'environ 0.7 dB et satisfait à peine le critère de 0.5 dB demandé, mais la réjection sur les canaux adjacents est de l'ordre de -10dB et n'est donc pas suffisante vis à vis des -20 dB demandés. La forme du pic correspondant à une fonction d'Airy n'est donc pas satisfaisante pour l'application visée.

15 L'invention a pour but de résoudre ce problème en proposant un composant de filtrage utilisant une cavité de Fabry-Perot et utilisable dans un réseau de télécommunication optique utilisant la technique de multiplexage fréquentiel DWDM. Le principe de l'invention est basé sur l'effet de la multiplication de deux fonctions de transfert de filtres Fabry-Perot décalées
20 spectralement.

Plus précisément l'invention a pour objet un composant de filtrage optique sélectif en longueur d'onde, apte à transmettre la lumière d'une bande spectrale optique étroite centrée autour d'une longueur d'onde donnée et apte à réfléchir la lumière dont la longueur d'onde est hors de ladite
25 bande, la fonction de transfert du composant étant définie par la multiplication de deux fonctions de transfert de filtres de type Fabry-Perot décalés spectralement, caractérisé en ce que le composant comporte une cavité de Fabry-Perot, un guide d'entrée conduisant un rayonnement lumineux vers la cavité selon une première incidence pour y effectuer un
30 premier passage, des moyens de renvoi du rayonnement lumineux ayant traversé la cavité lors du premier passage pour effectuer un second passage dans la cavité selon une seconde incidence, et en ce que la seconde incidence est distincte de la première incidence.

Un composant de filtrage conforme à l'invention permet de réaliser
35 un filtre optique dont la courbe de transmission en fonction de la longueur

d'onde a une forme de créneau recouvrant la bande spectrale optique étroite. Cette forme de filtre est bien connu dans la littérature anglo-saxonne sous le nom de filtre « flat top ». L'invention permet de réaliser ce filtre de façon particulièrement simple et économique.

5 L'invention sera mieux comprise et d'autres avantages apparaîtront à la lecture de la description détaillée d'un mode de réalisation de l'invention donné à titre d'exemple, description illustrée par le dessin joint dans lequel :

la figure 1 représente une cavité de Fabry-Perot éclairée par un
10 rayonnement d'incidence θ par rapport à une direction normale aux miroirs de la cavité ;

la figure 2 représente la courbe de transmission en longueur d'onde de la cavité représentée sur la figure 1 ;

la figure 3 représente schématiquement le parcours optique d'un
15 rayonnement traversant un composant optique conforme à l'invention ;

la figure 4 représente une courbe de transmission du composant optique représenté sur la figure 3 ;

la figure 5 représente un exemple de réalisation d'une partie d'un composant optique représenté sur la figure 3 ;

20 Les figures 1 et 2 ont été décrites plus haut afin d'expliquer le problème résolu par l'invention.

Selon l'invention, on réalise un composant de filtrage optique dont la fonction de transfert est définie par la multiplication de deux fonctions de
25 transfert de filtres de type Fabry-Perot décalés spectralement. La suite de la description présente un mode de réalisation permettant d'obtenir ce décalage spectral en n'utilisant qu'une seule cavité de Fabry-Perot.

En se rapportant à la figure 3, le composant optique comporte une cavité 1 de Fabry-Perot délimitée par deux miroirs a et b, un guide d'entrée
30 conduisant un rayonnement lumineux 2 vers la cavité 1 selon une première incidence θ_1 pour y effectuer un premier passage, des moyens de renvoi 3 du rayonnement lumineux ayant traversé la cavité 1 lors du premier passage pour effectuer un second passage dans la cavité 1 selon une seconde incidence θ_2 . La seconde incidence θ_2 est distincte de la première incidence
35 θ_1 .

Avantageusement, les moyens de renvoi comportent un isolateur optique 4 afin d'éviter toute réflexion parasite couplée plus ou moins fortement dans les moyens de renvoi 3. Notons cependant que le fait d'avoir deux angles d'incidence θ_1 et θ_2 différents minimise avantageusement cette réflexion parasite d'autant plus que la différence entre les angles θ_1 et θ_2 est importante.

Tout d'abord, afin de mieux comprendre l'invention, l'effet d'un angle d'incidence sur une cavité 1 est développé ci-dessous. D'après la formule (1), la longueur d'onde $\lambda(\theta)$ du pic de transmission obtenu pour un angle d'incidence θ s'écrit :

$$\lambda(\theta) = \lambda_0 \times \cos \theta \quad (2)$$

avec $\lambda_0 = 2.d / p$, λ_0 étant la longueur d'onde du pic de transmission pour un angle d'incidence nul θ_0 ,

p étant l'ordre de la cavité,

et d la distance entre les deux miroirs.

On déduit de la formule (2) que lorsque l'angle d'incidence θ augmente la courbe de transmission du filtre est décalée vers des longueurs d'onde plus courtes. En conséquence, en réalisant deux passages dans la cavité 1 à des incidences différentes on obtient bien la multiplication de deux fonctions de transfert de filtres de type Fabry-Perot décalés spectralement.

Plus précisément, les transmissions notées $T_1(\lambda)$ pour le premier passage et $T_2(\lambda)$ pour le second passage peuvent être déterminées à partir de la formule (2). Ces transmissions sont respectivement centrées sur λ_1 et λ_2 telles que :

$$\lambda_1 = \lambda_0 \cdot \cos \theta_1$$

$$\lambda_2 = \lambda_0 \cdot \cos \theta_2$$

avec $\lambda_0 = 2.d / p$ (p = ordre de la cavité)

La transmission globale, notée $T_{1,2}(\lambda)$, pour les deux passages peut alors s'exprimer de la façon suivante :

$$T_{1,2}(\lambda) = \frac{1}{1 + M \cdot \sin^2\left(\frac{2\pi d \cos \theta_1}{\lambda}\right)} \times \frac{1}{1 + M \cdot \sin^2\left(\frac{2\pi d \cos \theta_2}{\lambda}\right)} \quad (3)$$

Un exemple de cette transmission globale $T_{1,2}(\lambda)$ est représentée sur la figure 4. La longueur d'onde centrale λ_c correspond à la longueur d'onde où $T_1(\lambda)$ et $T_2(\lambda)$ s'intersectent.

Lorsque la différence entre θ_1 et θ_2 diminue les courbes se rapprochent l'une de l'autre et la valeur de $T_{1,2}(\lambda)$ pour la longueur d'onde centrale augmente en se rapprochant de celle des maxima de chaque transmission $T_1(\lambda)$ et $T_2(\lambda)$. Pour une cavité Fabry-Perot donnée (ordre et coefficient de réflexion donnés), on choisit les deux angles d'incidence θ_1 et θ_2 pour obtenir une réponse $T_{1,2}(\lambda)$ sensiblement plate à l'intérieur d'un canal de transmission afin d'obtenir une courbe dont la forme se rapproche au mieux d'un créneau.

Avantageusement, le composant comporte une lentille 7 permettant de focaliser un rayonnement lumineux dans la cavité 1. Un premier rayonnement lumineux sort du guide d'entrée en direction de la lentille 7 et un second rayonnement lumineux sort des moyens de renvoi en direction de la lentille 7. Les premier et second rayonnement lumineux sont sensiblement parallèles à un axe optique 8 de la lentille 7 et décalés transversalement de l'axe optique 8 de la lentille 7. Le décalage du premier rayonnement lumineux est différent du décalage du second rayonnement lumineux. Ce décalage différent permet d'obtenir les incidences différentes θ_1 et θ_2 .

Plus précisément, la figure 5 présente un mode de réalisation permettant de réaliser des guides d'entrée 5 et 6 conduisant chacun un rayonnement vers la cavité 1. Le guide 5 permet de réaliser le premier passage dans la cavité 1 avec une incidence θ_1 et le guide 6 permet de réaliser le second passage dans la cavité 1 avec une incidence θ_2 . On sait réaliser des guides d'onde pour des longueurs d'onde de l'ordre de 1500 nm, bien adaptés aux fibres optiques, par des moyens de photolithographie sur une plaque de verre ou de silicium qui assurent une précision de positionnement bien meilleure que le micron et échange d'ions pour modifier localement l'indice de réfraction. D'autres techniques sont envisageables pour réaliser les guides 5 et 6. On peut par exemple polir longitudinalement deux fibres optiques afin de régler la distance séparant leurs cœurs.

Les angles d'incidence θ_1 et θ_2 sont obtenus, dans le mode de réalisation représenté figure 5, en décalant transversalement les guides 5 et

6 de x_1 et x_2 devant des moyens de focalisation optique 7 de focale f . Le décalage se fait transversalement par rapport à l'axe optique 8 des moyens de focalisation optique 7. Les moyens de focalisation optique 7 sont positionnés par rapport à la cavité 1 de telle sorte que le foyer F des moyens
 5 de focalisation optique 7 soit situé sensiblement au centre de la cavité 1. Le décalage transversal peut être obtenu avec une grande précision (de l'ordre de la centaine de nanomètres) grâce à la technologie dite « d'optique planaire » où « guidée » par exemple.

Lorsque les angles θ_1 et θ_2 sont faibles on peut assimiler leurs
 10 tangentes aux angles eux-mêmes. On a alors :

$$\theta_1 + \theta_2 = \frac{x_1 + x_2}{f} \quad (4)$$

Pour avoir une isolation entre guides supérieure à 70 dB, la valeur minimale de (x_1+x_2) est d'environ 5 fois le rayon de taille du faisceau lumineux transporté par le guide, soit 25 μm dans le cas de guides planaire
 15 de rayon de waist de 5 μm . Le rayon de taille du faisceau est bien connu dans la littérature anglo-saxonne sous le nom de rayon de « waist ».

Notons qu'étant donné le faible décalage transversal demandé (de l'ordre de 20 à 30 μm) les aberrations de champ de la lentille 7 (focale de l'ordre du millimètre) sont négligeables.

20 Le principe de fonctionnement décrit ici demande de la précision sur les angles d'incidence θ_1 et θ_2 . Il convient donc de quantifier l'incertitude de réalisation des angles d'incidence θ_1 et θ_2 de façon pratique. Pour se faire, nous considérons :

- une lentille de focale 1 mm avec une incertitude sur la distance
 25 focale liée à la réalisation de la lentille $\Delta f / f$ de 2% ;
- une distance transversale x_1 de 18 μm (pour obtenir environ un angle d'incidence θ_1 de l'ordre de 1° du guide 5 avec une précision de positionnement de 0.1 μm).

D'après l'équation (4), pour un seul guide, l'incertitude de réalisation de
 30 l'angle d'incidence est de :

$$\frac{\Delta \theta}{\theta} = \frac{\Delta x}{x} + \frac{\Delta f}{f} = \frac{0.1}{18} + 0.02$$

$$\text{Soit } \Delta \theta = 0,026^\circ \cong 0,03^\circ$$

De plus, on constate que plus l'angle d'incidence θ est important plus la variation d'incidence à l'intérieur d'un intervalle de tolérance donné influe sur la qualité du composant optique. Par exemple, pour plus de 2° d'incidence, la variation de largeur de bande à -0,5 dB atteint plus de 0.1 nm
5 (pour 0.2 nm visés) lorsque les angles d'incidence varient de 0,03° alors que pour 1° d'incidence, la variation de largeur de bande à -0,5 dB atteint moins de 0,05 nm.

Un autre paramètre est à prendre en compte pour la mise en œuvre de l'invention. Il s'agit du rayon de taille du faisceau lumineux sortant
10 des guides 5 et 6. Le rayon de taille du faisceau est bien connu dans la littérature anglo-saxonne sous le nom de rayon de « waist ». En effet, on a constaté que plus le rayon de waist du faisceau diminue, plus les pertes de transmission s'amplifient à incidence donnée. En outre, plus le rayon de waist du faisceau diminue, plus le pic de transmission du filtre se décale
15 spectralement vers les courtes longueurs d'onde, il convient donc de prévoir ce décalage dans la conception du composant optique.

La tendance est donc de limiter les incidences θ_1 et θ_2 (cela a déjà été constaté vis à vis des tolérances de réalisation des incidences) mais également d'augmenter au maximum le rayon de waist des faisceaux issus
20 des guides 5 et 6.

Notons qu'une variante de réalisation apparaît ici : en effet, le décalage spectral obtenu par différence d'incidence sur la cavité peut également être obtenu par modification du rayon de waist . Néanmoins, cet effet induit une dégradation intrinsèque des pertes introduites qui vont avec
25 le décalage spectral.

On a par ailleurs étudié l'influence de la polarisation des faisceaux issus des guides 5 et 6 sur les caractéristiques du composant optique. Dans un exemple de réalisation ($R_a=R_b=0.996$, ordre $p = 4$, $\lambda_0=1550$ nm, $\theta_1 = 0,6^\circ$ et $\theta_2 = 1,35^\circ$), l'influence mesurée de la polarisation a été de l'ordre de 0,05
30 nm sur la largeur à - 0,5 dB. Cette influence est tout à fait acceptable pour une application dans les télécommunications optiques. Les performances du composant optique ne sont pas sensiblement altérées par une quelconque polarisation des faisceaux..

On a également étudié l'influence des pertes d'insertions entre les
35 deux passages dans la cavité 1. Ici encore même avec des pertes

importantes, par exemple de 3 dB entre les deux passages aucune influence n'a été observée sur la largeur à $-0,5$ dB. Par ailleurs, la réjection du composant a été améliorée de 3 dB. Les performances du composant optique ne sont donc pas altérées par des pertes d'insertions entre les deux passages dans la cavité 1.

Avantageusement, le composant optique est accordable. Plus précisément, il comporte des moyens pour régler sa longueur d'onde centrale λ_c . Ces moyens sont par exemple réalisés en chargeant électrostatiquement les deux miroirs a et b de la cavité 1. En modifiant la tension électrique appliquée entre les deux miroirs, on modifie les forces générées par les charges, ce qui a pour conséquence de modifier la distance d de la cavité et donc la longueur d'onde λ_c .

REVENDICATIONS

1. Composant de filtrage optique sélectif en longueur d'onde, apte à transmettre la lumière d'une bande spectrale optique étroite centrée autour d'une longueur d'onde donnée (λ_c) et apte à réfléchir la lumière dont la
5 longueur d'onde est hors de ladite bande, la fonction de transfert ($T_{1,2}(\lambda)$) du composant étant définie par la multiplication de deux fonctions de transfert de filtres de type Fabry-Perot décalés spectralement, caractérisé en ce que le composant comporte une cavité de Fabry-Perrot (1), un guide d'entrée (5)
10 conduisant un rayonnement lumineux vers la cavité (1) selon une première incidence (θ_1) pour y effectuer un premier passage, des moyens de renvoi (3) du rayonnement lumineux ayant traversé la cavité (1) lors du premier passage pour effectuer un second passage dans la cavité (1) selon une
seconde incidence (θ_2), et en ce que la seconde incidence (θ_2) est distincte de la première incidence (θ_1).

15

2. Composant de filtrage optique selon la revendication 1, caractérisé en ce que les moyens de renvoi (3) comportent un isolateur optique (4).

20

3. Composant de filtrage optique selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le composant comporte une lentille (7) permettant de focaliser un rayonnement lumineux dans la cavité (1), en ce que un premier rayonnement lumineux sort du guide d'entrée (5) en direction de la lentille (7), en ce qu'un second rayonnement lumineux sort des moyens
25 de renvoi (3) en direction de la lentille (7), en ce que les premier et second rayonnement lumineux sont sensiblement parallèles à l'axe optique (8) de la lentille (7) et décalés transversalement de l'axe optique (8) de la lentille (7), et en ce que le décalage (x_1) du premier rayonnement lumineux est différent du décalage (x_2) du second rayonnement lumineux.

30

4. Composant de filtrage optique selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le composant optique est accordable.

1/3

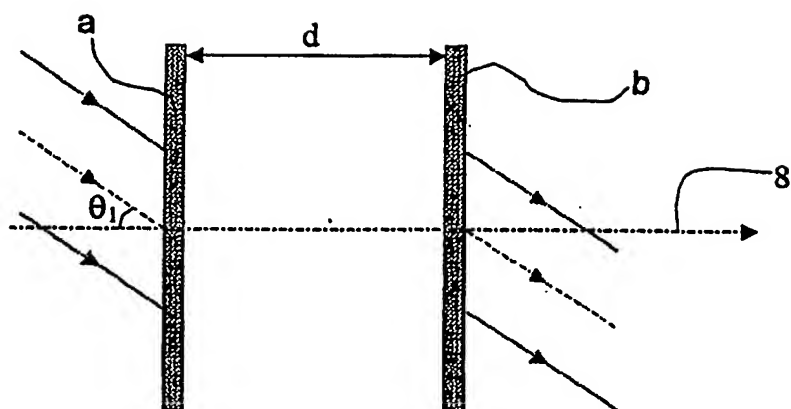


Fig.1

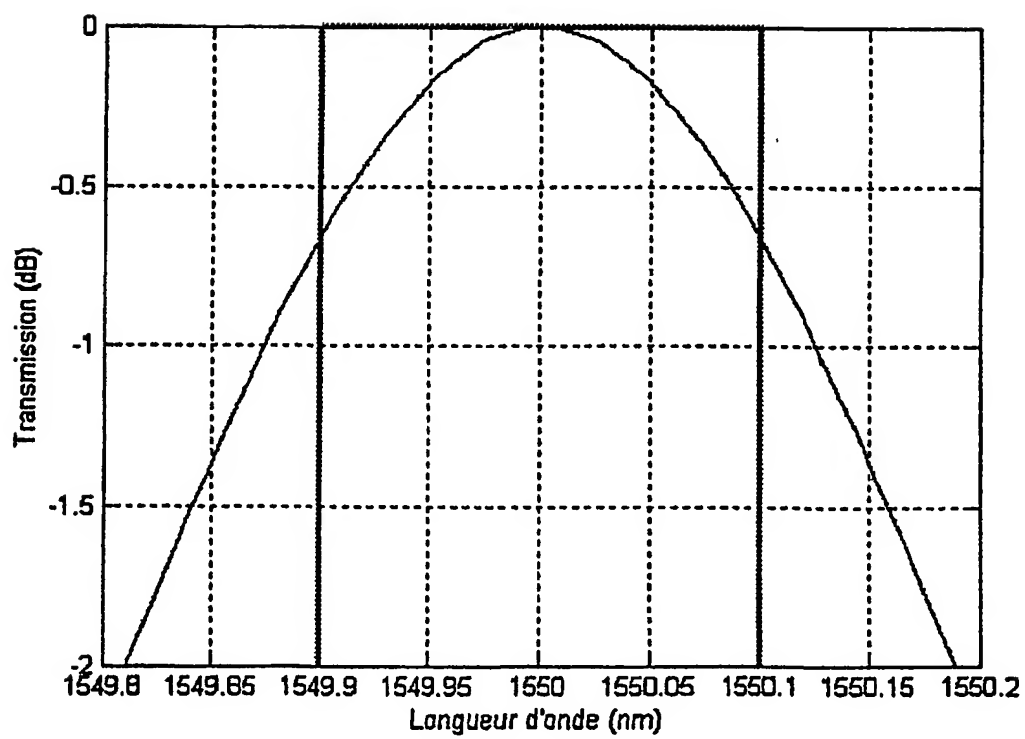


Fig. 2

2/3

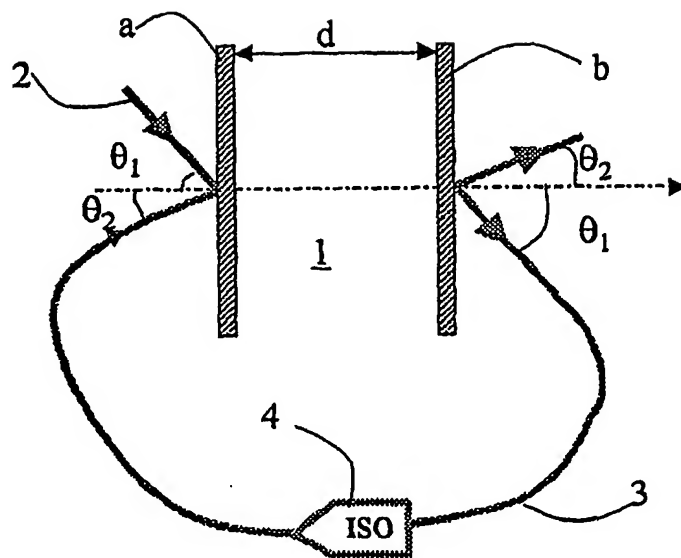


Fig. 3

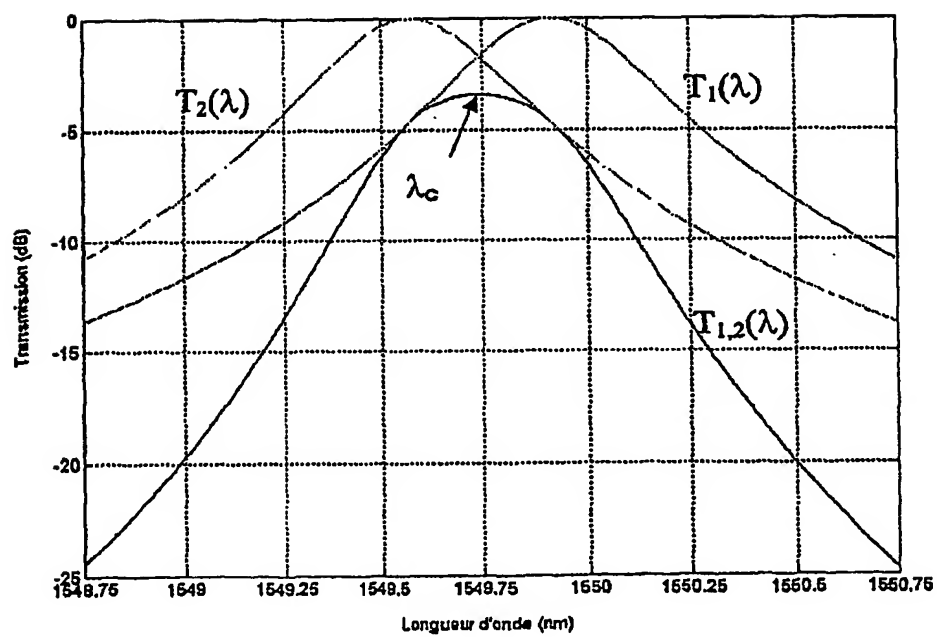


Fig. 4

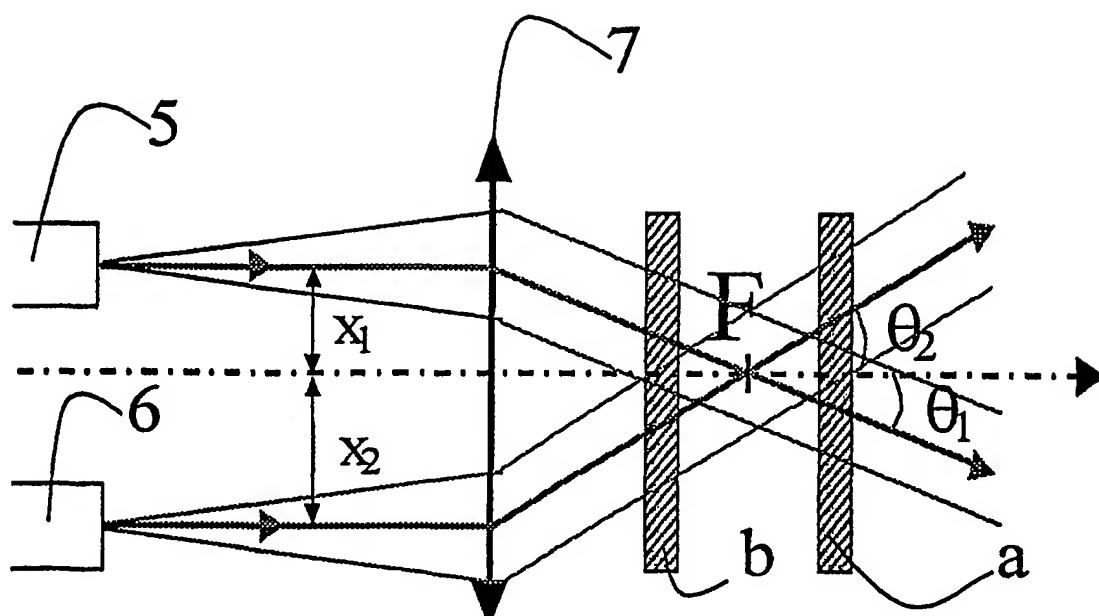


Fig. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/FR 03/02678

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G02B5/28 G02B6/34 G01J3/26

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G02B G01J

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 903 615 A (NIPPON TELEGRAPH & TELEPHONE) 24 March 1999 (1999-03-24) column 21, line 1 -column 22, line 5; figures 27-29 ---	1
A	EP 0 855 607 A (NIPPON ELECTRIC CO) 29 July 1998 (1998-07-29) abstract ---	1
A	TSUDA H ET AL: "Polarisation independent tunable liquid-crystal Fabry-Perot interferometer filter module with double-pass configuration" ELECTRONICS LETTERS, IEE STEVENAGE, GB, vol. 31, no. 10, 11 May 1995 (1995-05-11), pages 828-829, XP006002799 ISSN: 0013-5194 the whole document --- -/--	1

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

16 February 2004

Date of mailing of the international search report

23/02/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Mollenhauer, R

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR 03/02678

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>LAMPERSKI J: "Discretely tunable multi cavity FFP filter for standard WDM frequency grid"</p> <p>2000 PROCEEDINGS 50TH. ELECTRONIC COMPONENTS AND TECHNOLOGY CONFERENCE. ECTC 2000. LAS VEGAS, NV, MAY 21-24, 2000, PROCEEDINGS OF THE ELECTRONIC COMPONENTS AND TECHNOLOGY CONFERENCE, NEW YORK, NY: IEEE, US, vol. CONF. 50, 21 May 2000 (2000-05-21), pages 1572-1575, XP002178773 ISBN: 0-7803-5909-7 the whole document</p> <p>----</p>	1
A	<p>SALEH A A M ET AL: "TWO-STAGE FABRY-PEROT FILTERS AS DEMULTIPLEXERS IN OPTICAL FDMA LAN'S"</p> <p>JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY, IEEE. NEW YORK, US, vol. 7, no. 2, 1 February 1989 (1989-02-01), pages 323-330, XP000006106 ISSN: 0733-8724 page 324, left-hand column -page 325, left-hand column; figure 1</p> <p>----</p>	1
A	<p>EP 0 874 489 A (JDS FITELE INC)</p> <p>28 October 1998 (1998-10-28) column 7, line 11 - line 24</p> <p>----</p>	1
A	<p>EP 1 128 197 A (MARCONI COMM LTD)</p> <p>29 August 2001 (2001-08-29) column 12, line 32 -column 13, line 35</p> <p>----</p>	1
A	<p>FR 2 820 513 A (CENTRE NAT RECH SCIENT)</p> <p>9 August 2002 (2002-08-09) abstract</p> <p>-----</p>	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No
PCT/FR 03/02678

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0903615	A	24-03-1999	JP 3282162 B2	13-05-2002
			JP 11095184 A	09-04-1999
			JP 3281603 B2	13-05-2002
			JP 11119186 A	30-04-1999
			EP 0903615 A2	24-03-1999
			US 6545739 B1	08-04-2003
EP 0855607	A	29-07-1998	JP 2897746 B2	31-05-1999
			JP 10206754 A	07-08-1998
			EP 0855607 A2	29-07-1998
EP 0874489	A	28-10-1998	CA 2203729 A1	25-10-1998
			EP 0874489 A2	28-10-1998
			US 6040932 A	21-03-2000
EP 1128197	A	29-08-2001	GB 2359636 A	29-08-2001
			AU 7250000 A	23-08-2001
			CN 1310347 A	29-08-2001
			EP 1128197 A2	29-08-2001
			HK 1038074 A1	27-09-2002
			JP 2001249283 A	14-09-2001
			NO 20006363 A	23-08-2001
			US 2002131670 A1	19-09-2002
			US 2002076147 A1	20-06-2002
			ZA 200100838 A	02-08-2001
FR 2820513	A	09-08-2002	FR 2820513 A1	09-08-2002
			CA 2437433 A1	15-08-2002
			EP 1364190 A2	26-11-2003
			WO 02063256 A2	15-08-2002

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No

PCT/FR 03/02678

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE

CIB 7 G02B5/28 G02B6/34 G01J3/26

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 G02B G01J

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	EP 0 903 615 A (NIPPON TELEGRAPH & TELEPHONE) 24 mars 1999 (1999-03-24) colonne 21, ligne 1 - colonne 22, ligne 5; figures 27-29	1
A	EP 0 855 607 A (NIPPON ELECTRIC CO) 29 juillet 1998 (1998-07-29) abrégé	1
A	TSUDA H ET AL: "Polarisation independent tunable liquid-crystal Fabry-Perot interferometer filter module with double-pass configuration" ELECTRONICS LETTERS, IEE STEVENAGE, GB, vol. 31, no. 10, 11 mai 1995 (1995-05-11), pages 828-829, XP006002799 ISSN: 0013-5194 le document en entier	1
	--- -/-	

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

- *A* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- *E* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- *L* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- *O* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- *P* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- *T* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- *X* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- *Y* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- *&* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

16 février 2004

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

23/02/2004

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Mollenhauer, R

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No
PCT/FR 03/02678

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	<p>LAMPERSKI J: "Discretely tunable multi cavity FFP filter for standard WDM frequency grid" 2000 PROCEEDINGS 50TH. ELECTRONIC COMPONENTS AND TECHNOLOGY CONFERENCE. ECTC 2000. LAS VEGAS, NV, MAY 21-24, 2000, PROCEEDINGS OF THE ELECTRONIC COMPONENTS AND TECHNOLOGY CONFERENCE, NEW YORK, NY: IEEE, US, vol. CONF. 50, 21 mai 2000 (2000-05-21), pages 1572-1575, XP002178773 ISBN: 0-7803-5909-7 le document en entier</p>	1
A	<p>SALEH A A M ET AL: "TWO-STAGE FABRY-PEROT FILTERS AS DEMULTIPLEXERS IN OPTICAL FDMA LAN'S" JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY, IEEE. NEW YORK, US, vol. 7, no. 2, 1 février 1989 (1989-02-01), pages 323-330, XP000006106 ISSN: 0733-8724 page 324, colonne de gauche -page 325, colonne de gauche; figure 1</p>	1
A	<p>EP 0 874 489 A (JDS FITEL INC) 28 octobre 1998 (1998-10-28) colonne 7, ligne 11 - ligne 24</p>	1
A	<p>EP 1 128 197 A (MARCONI COMM LTD) 29 août 2001 (2001-08-29) colonne 12, ligne 32 -colonne 13, ligne 35</p>	1
A	<p>FR 2 820 513 A (CENTRE NAT RECH SCIENT) 9 août 2002 (2002-08-09) abrégé</p>	1

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No
PCT/FR 03/02678

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 0903615 A	24-03-1999	JP 3282162 B2	13-05-2002
		JP 11095184 A	09-04-1999
		JP 3281603 B2	13-05-2002
		JP 11119186 A	30-04-1999
		EP 0903615 A2	24-03-1999
		US 6545739 B1	08-04-2003
EP 0855607 A	29-07-1998	JP 2897746 B2	31-05-1999
		JP 10206754 A	07-08-1998
		EP 0855607 A2	29-07-1998
EP 0874489 A	28-10-1998	CA 2203729 A1	25-10-1998
		EP 0874489 A2	28-10-1998
		US 6040932 A	21-03-2000
EP 1128197 A	29-08-2001	GB 2359636 A	29-08-2001
		AU 7250000 A	23-08-2001
		CN 1310347 A	29-08-2001
		EP 1128197 A2	29-08-2001
		HK 1038074 A1	27-09-2002
		JP 2001249283 A	14-09-2001
		NO 20006363 A	23-08-2001
		US 2002131670 A1	19-09-2002
		US 2002076147 A1	20-06-2002
		ZA 200100838 A	02-08-2001
FR 2820513 A	09-08-2002	FR 2820513 A1	09-08-2002
		CA 2437433 A1	15-08-2002
		EP 1364190 A2	26-11-2003
		WO 02063256 A2	15-08-2002